



ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ СТОЙКОГО ПЛЕЧЕВОГО ДИСБАЛАНСА ПОСЛЕ ХИРУРГИЧЕСКОЙ КОРРЕКЦИИ ИДИОПАТИЧЕСКОГО СКОЛИОЗА

А.Я. Алейник, С.Г. Млявях, А.Е. Боков

Приволжский исследовательский медицинский университет, Нижний Новгород, Россия

Цель исследования. Оценка факторов риска развития дисбаланса плечевого пояса и выявление воспроизводимого рентгенологического критерия стойкого плечевого дисбаланса после коррекции идиопатического сколиоза.

Материал и методы. В ретроспективное исследование включены 94 пациента с идиопатическим сколиозом. Всем пациентам проводили первичную дорсальную коррекцию деформации с использованием транспедикулярных винтовых конструкций. Рентгенографию позвоночника на всем его протяжении выполняли перед операцией, в раннем послеоперационном и в отдаленном (не менее 12 мес. после операции) периодах. Плечевой дисбаланс считали клинически значимым при рентгенологической разнице высоты надплечий более 2 см.

Результаты. Отмечено значимое уменьшение величины всех дуг деформации после операции и в отдаленном периоде. Величина проксимальной дуги — $25,38^\circ \pm 15,89^\circ$ до операции, $14,51^\circ \pm 8,17^\circ$ ($p < 0,0001$) после операции и $14,29^\circ \pm 8,25^\circ$ ($p = 0,24$) в отдаленном периоде, основной грудной дуги — $59,33^\circ \pm 20,76^\circ$, $20,096^\circ \pm 9,89^\circ$ ($p < 0,0001$) и $20,87^\circ \pm 9,48^\circ$ ($p = 0,19$), грудопоясничной дуги — $47,20^\circ \pm 15,99^\circ$, $15,69^\circ \pm 8,66^\circ$ ($p < 0,0001$) и $16,98^\circ \pm 7,60^\circ$ ($p = 0,01$) соответственно. Плечевой дисбаланс зарегистрирован у 27 (28,72 %) пациентов после операции и у 13 (13,83 %) — в отдаленном периоде. У этих пациентов представлены различные типы деформации по классификации Lenke. Выявлена взаимосвязь феномена дистального включения с самокоррекцией плечевого баланса ($r = 0,56$; $p < 0,005$). Показана корреляция стойкого плечевого дисбаланса со следующими показателями: наличием структуральной проксимальной грудной дуги ($p = 0,041642$), величиной остаточной проксимальной дуги после операции ($r = 0,22$; $p = 0,03$), наличием симптома двойного реберного горба на рентгенограммах после операции ($r = 0,75$; $p \leq 0,005$).

Заключение. Наиболее характерным паттерном стойкого плечевого дисбаланса является наличие асимметрии проксимального и основного отделов грудной клетки. Данный признак может быть выявлен при интраоперационной боковой рентгенографии позвоночника, что позволит хирургу предпринять меры для устранения феномена и снизит вероятность развития стойкого плечевого дисбаланса.

Ключевые слова: идиопатический сколиоз, рентгенологическое обследование, плечевой дисбаланс, хирургическая коррекция, феномен дистального включения.

Для цитирования: Алейник А.Я., Млявях С.Г., Боков А.Е. Факторы риска развития стойкого плечевого дисбаланса после хирургической коррекции идиопатического сколиоза // Хирургия позвоночника. 2019. Т. 16. № 3. С. 24–32.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2019.3.24-32>.

RISK FACTORS FOR THE DEVELOPMENT OF PERSISTENT SHOULDER IMBALANCE AFTER SURGICAL CORRECTION OF IDIOPATHIC SCOLIOSIS

A.Ya. Aleynik, S.G. Mlyavyykh, A.E. Bokov

Privolzhsky Research Medical University, Nizhny Novgorod, Russia

Objective. To assess risk factors for the imbalance of the shoulder girdle and to identify reproducible X-ray criteria for persistent shoulder imbalance after correction of idiopathic scoliosis.

Material and Methods. A total of 94 patients with idiopathic scoliosis were included in the retrospective study. All patients underwent primary posterior correction of the deformity using pedicle screw instrumentation. Radiography of the spine throughout its length was performed before surgery, in the early postoperative and in the long-term (at least 12 months after surgery) periods. The shoulder imbalance was considered clinically significant with radiographic shoulder height difference more than 2 cm.

Results. A significant decrease in the magnitude of all curves after surgery and in the long-term period was noted. The magnitude of the proximal curve decreased from $25.38^\circ \pm 15.89^\circ$ to $14.51^\circ \pm 8.17^\circ$ ($p < 0.0001$) and to $14.29^\circ \pm 8.25^\circ$ ($p = 0.24$); the main thoracic curve from $59.33^\circ \pm 20.76^\circ$ to $20.096^\circ \pm 9.89^\circ$ ($p < 0.0001$) and to $20.87^\circ \pm 9.48^\circ$ ($p = 0.19$); and thoracolumbar curve from $47.20^\circ \pm 15.99^\circ$ to $15.69^\circ \pm 8.66^\circ$ ($p < 0.0001$) and to $16.98^\circ \pm 7.6^\circ$ ($p = 0.01$), respectively. The shoulder imbalance was recorded in 27 patients (28.72 %) after surgery and in 13 (13.83 %) — in the long-term period. In these patients, various Lenke types of deformity were presented. A correla-

tion of the distal adding-on phenomenon with self-correction of the shoulder balance is revealed ($r = 0.56$; $p < 0.005$). Persistent shoulder imbalance correlated with presence of a structural proximal thoracic curve ($p = 0.041642$), residual proximal curve magnitude after surgery ($r = 0.22$; $p = 0.03$), and presence of a symptom of double rib hump on radiographs after surgery ($r = 0.75$; $p \leq 0.005$).

Conclusion. The most characteristic pattern of persistent shoulder imbalance is the presence of asymmetry in the proximal and main regions of the chest. This sign can be detected by intraoperative lateral radiography of the spine, which will allow the surgeon to take measures to eliminate this phenomenon and reduce the probability of persistent shoulder imbalance development.

Key Words: idiopathic scoliosis, X-ray examination, shoulder imbalance, surgical correction, adding-on phenomenon.

Please cite this paper as: Aleynik AA, Mlyavikh SG, Bokov AE. Risk factors for the development of persistent shoulder imbalance after surgical correction of idiopathic scoliosis. *Hir. Pozvonoc.* 2019;16(3):24–32. In Russian.

DOI: <http://dx.doi.org/10.14531/ss2019.3.24-32>.

Современные хирургические технологии позволяют добиться значительной коррекции деформации позвоночника во фронтальной и сагиттальной плоскостях. Однако на удовлетворенность пациентов результатами хирургического лечения при идиопатическом сколиозе, помимо степени коррекции, влияют такие факторы, как величина остаточного реберного горба, общий баланс позвоночного столба и баланс плечевого пояса [1–3]. Коррекция реберного горба может быть обеспечена выполнением торакопластики, фронтальный баланс позвоночника контролируется интраоперационной рентгенографией, а прогнозирование и интраоперационная оценка баланса плечевого пояса вызывают значительные трудности [4, 5]. При коррекции тяжелой деформации позвоночника асимметрия надплечий возникает у 30 % пациентов в раннем послеоперационном периоде [6]. В большинстве случаев происходит восстановление уровня надплечий с течением времени, однако у части пациентов этого не происходит, что приводит к стойкому плечевому дисбалансу (СПД). Асимметрия плечевого пояса при этом негативно влияет на оценку пациентами своей внешности и может провоцировать развитие хронического болевого синдрома, связанного с перенапряжением мышц спины и шеи [1, 3].

Существует ряд факторов риска развития СПД, которые основываются на оценке параметров проксимальных сегментов грудного отдела позвоночника во фронтальной плоскости. Поэтому большинство исследований, посвященных данному вопросу, сфо-

кусировано на выборе проксимального уровня спондилодеза при планировании операции. Многие авторы [7–9] отмечают, что включение структуральной проксимальной грудной дуги в зону спондилодеза позволяет добиться минимальной частоты развития плечевого дисбаланса. Однако, по данным других исследований [4, 10, 11], даже фиксация проксимальной грудной дуги с горизонтализацией Th₁ не позволяет с высокой вероятностью прогнозировать послеоперационный плечевой баланс. Таким образом, до настоящего времени не предложено ни одного воспроизводимого периоперационного критерия прогнозирования развития плечевого дисбаланса.

Цель исследования – оценка факторов риска развития дисбаланса плечевого пояса и выявление воспроизводимого рентгенологического критерия развития СПД после коррекции идиопатического сколиоза.

Материал и методы

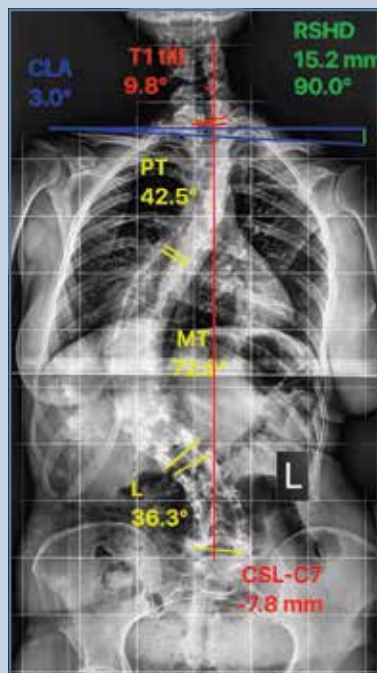
В ретроспективное исследование включены 94 пациента (13 мужчин, 81 женщина; средний возраст $17,8 \pm 6,3$ года) с идиопатическим сколиозом. Всем пациентам проводили первичную хирургическую дорсальную коррекцию деформации в 2013–2017 гг. Период отдаленного наблюдения в среднем $34,98 \pm 14,96$ мес., минимальный срок наблюдения – 12 мес.

Критерии включения в исследование: наличие доступных для анализа рентгенограмм позвоночника до операции, в раннем послеоперационном (в течение первой недели после

операции) и в отдаленном (не менее 12 мес. после операции) периодах. Все операции проводили с использованием транспедикулярных винтовых конструкций. Выбор уровня фиксации базировался на классификации Lenke [12], в зону спондилодеза включали структуральные дуги деформации, неструктуральные дуги не включали. Исключение составляли деформации типа 1C и 2C, когда в ряде случаев в зону спондилодеза включали поясничную неструктуральную дугу. Из исследования были исключены пациенты с инверсными дугами (левосторонняя основная грудная дуга) и с врожденными аномалиями развития позвоночника.

Рентгенологическое обследование. Пациентам выполняли рентгенографию позвоночника на всем его протяжении в положении стоя в двух проекциях. При выполнении боковых рентгенограмм (LP) кисти рук пациентов находились на ключицах. Обязательным условием являлось включение в зону исследования всех отделов позвоночника, надплечий до уровня ключично-акромиального сочленения и тазобедренных суставов. Измерения проводили с использованием программы Surgimap (Spine Software, version 2.2.15.1).

На переднезадних рентгенограммах (AP; рис. 1) оценивали следующие параметры: наклон первого грудного позвонка относительно горизонтальной линии (Th₁ tilt), ключичный угол (CLA) – угол между линией, соединяющей самые верхние точки ключиц на уровне акромиально-ключичного сочленения (АКС), и линией горизонта, рентгенологическую раз-

**Рис. 1**

Рентгенограмма позвоночника в переднезадней проекции: Th₁ tilt – наклон Th₁ относительно горизонтальной линии; CLA – ключичный угол; RSHD – рентгенологическая разница высоты плеч; PT – проксимальная грудная дуга; MT – основная грудная дуга; L – поясничная дуга; CSL–C₇ – центральная крестцовая вертикальная линия C₇ позвонка

ницу высоты плеч (RSHD) – разницу высоты теней ключиц на уровне АКС. Мы считали дисбаланс плечевого пояса клинически значимым при RSHD ≥ 20 мм [13, 14]. Сохранение значимого плечевого дисбаланса через год после операции расценивали как СПД. Угловые параметры деформации определяли с использованием стандартной методики Cobb: проксимальная грудная дуга (PT), основная грудная дуга (MT), грудопоясничная/поясничная дуга (TL/L). Фронтальный баланс позвоночника оценивали по трансляции C₇ позвонка относительно центральной крестцовой вертикальной линии (CSL–C₇).

**Рис. 2**

Рентгенограммы позвоночника в боковой проекции: **а** – весь позвоночник (SVA – верхняя замыкательная пластина крестца; ТК – грудной кифоз; LL – поясничный лордоз); **б** – грудной отдел (PT – проксимальная грудная дуга; MT – основная грудная дуга), видны два подъема уровня ребер на уровнях MT и PT, асимметрия контуров ребер правой и левой половин грудной клетки на уровне PT более 1 см; стрелкой показан перекрестный ход продольных стержней

На боковых рентгенограммах (рис. 2а) оценивали величину грудного кифоза (ТК) и поясничного лордоза (LL). Глобальный сагиттальный баланс позвоночника оценивали по величине трансляции вертикальной линии, проведенной через середину C₇ позвонка, относительно заднего края верхней замыкательной пластины крестца. На LP после операции дополнительно изучали симметрию реберного каркаса грудной клетки. Рентгенологические признаки, определяющие асимметрию грудной клетки: наличие двух подъ-

мов теней ребер, первый из них соответствует PT, а второй – MT. При этом на уровне PT отмечается разница уровня контура ребер правой и левой половин грудной клетки более 1 см. Также признаками асимметрии являются перекрест стержней на уровне перехода MT в PT (обычно Th₄–Th₆ позвонки), значимая (более 1 см) разница уровня расположения винтов на уровне верхних грудных позвонков (выше уровня Th₄). Наличие выраженной асимметрии трактовали как двойной реберный горб (DRH; рис. 2б).

Статистический анализ проводили с использованием пакетов StatSoft, inc. (2011), Statistica v10. Сравнивали демографические и рентгенологические параметры у пациентов с СПД и пациентов без дисбаланса с помощью теста Стюдента, теста Chi-square или точного теста Фишера. Оценку изменения рентгенологических параметров при повторных измерениях проводили с использованием теста ANOVA по Фридмену. Для выявления зависимости баланса плечевого пояса от измеряемых рентгенологических параметров выполнили корреляционный анализ по Спирмену. Для оценки статистической значимости влияния фактора сопоставляли группы с использованием теста Манна – Уит-

ни. Степень влияния наиболее значимых факторов риска оценивали с помощью логистического регрессионного анализа.

Результаты

В соответствии с классификацией Lenke до операции у пациентов выявлены следующие типы деформаций: 1-й – 37 (39,36 %) случаев, 2-й – 9 (9,57 %), 3-й – 18 (19,15 %), 4-й – 8 (8,51 %), 5-й – 11 (11,7 %), 6-й – 11 (11,7 %). Поясничный модификатор С был у 55 (58,51 %) пациентов, В – у 15 (15,96 %), А – у 24 (25,53 %). Большинство (89,36 %) пациентов имели нормальный или уменьшенный грудной кифоз, 10 (10,64 %) – усиленный.

Таким образом, в исследование включили пациентов со всеми основными типами идиопатических сколиозов. Изменения рентгенологических показателей на разных этапах исследования представлены в табл. 1.

Плечевой дисбаланс зарегистрировали в 27 (28,72 %) случаях в раннем послеоперационном периоде. У большинства пациентов происходила спонтанная коррекция уровня надплечий в течение первого года после операции (рис. 3). Однако в 13 (13,83 %) случаях зафиксировали плечевой дисбаланс в отдаленном периоде. У данных пациентов были различные типы деформаций: у трех – Lenke 1, у трех – Lenke 2, у трех – Lenke 3, у двух – Lenke 4, у одного – Lenke 5,

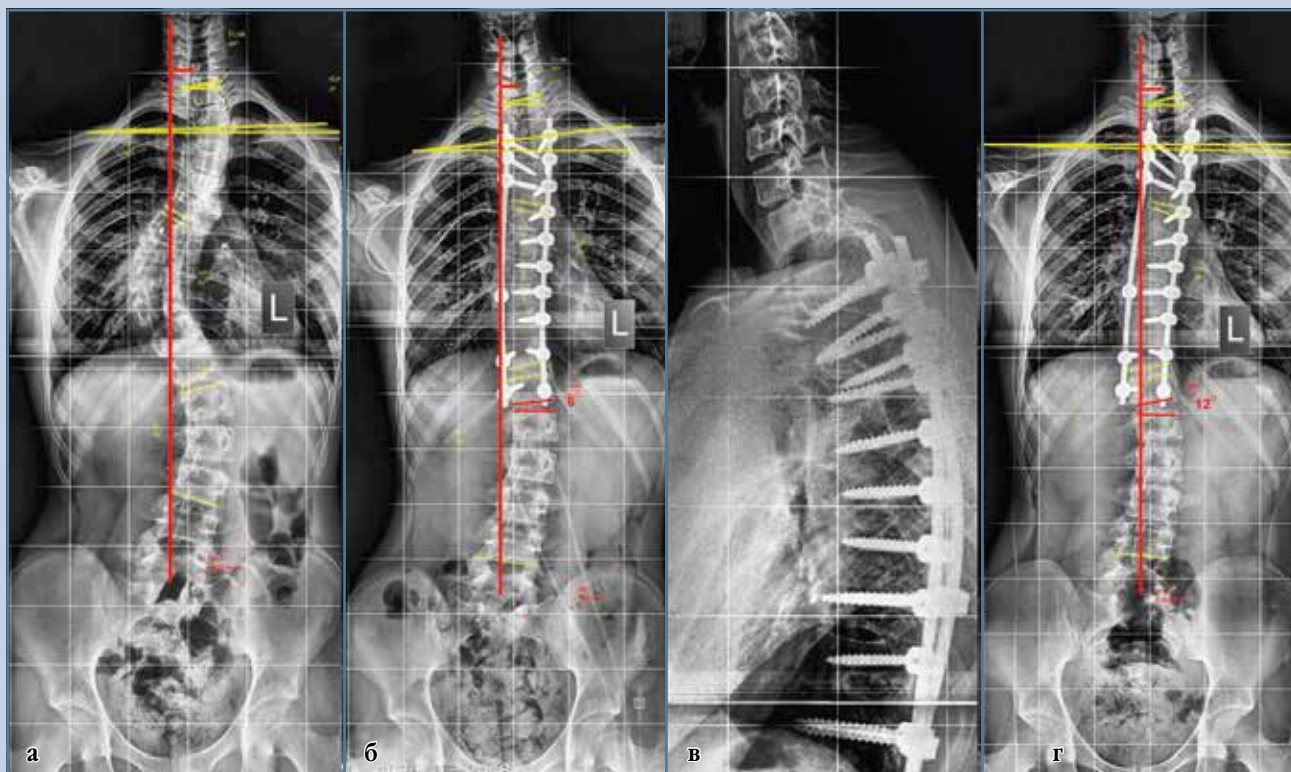


Рис. 3

Самокоррекция плечевого баланса: **а** – на переднезадней рентгенограмме до операции деформация типа Lenke 2C (41/62/30), наклон Th_1 относительно горизонтальной линии – 10° , ключичный угол – 2° (элевация левого плеча); **б** – на переднезадней рентгенограмме после фиксации и спондилодеза на уровне Th_3-Th_4 наклон Th_1 относительно горизонтальной линии – 12° , ключичный угол – 7° (элевация левого плеча); **в** – на боковой рентгенограмме после операции асимметрия проксимального отдела грудной клетки не выражена; **г** – через год после операции наклон Th_1 относительно горизонтальной линии – 16° , ключичный угол – -2° (нормальный плечевой баланс), компенсация за счет дистального включения на уровне $Th_{11}-Th_{12}-L_1$

Таблица 1

Изменения основных рентгенологических параметров на разных этапах исследования (ANOVA по Фридмену)

Показатель	До операции	После операции	Через 12 мес. после операции	p
Проксимальная грудная дуга, град.	25,382980 ± 15,892180	14,510640 ± 8,169900	14,287230 ± 8,249630	<0,01
Основная грудная дуга, град.	59,329790 ± 20,762040	20,095740 ± 9,893050	20,872340 ± 9,481430	<0,01
Грудопоясничная/поясничная дуга, град.	47,202130 ± 15,989630	15,691490 ± 8,659670	16,978720 ± 7,601610	<0,01
Центральная крестцовая вертикальная линия позвоночника C ₇ , мм	15,510640 ± 11,681940	20,319150 ± 17,530440	10,234040 ± 9,283380	<0,01
Рентгенологическая разница высоты плеч, мм	8,957450 ± 8,963380	12,553190 ± 10,868340	7,223400 ± 6,964050	0,004910
Ключичный угол, град.	2,691489 ± 2,929371	3,085106 ± 2,593041	1,968085 ± 1,804726	0,018320
Наклон Th ₁ относительно горизонтальной линии, град.	7,861702 ± 7,129525	7,159574 ± 4,693402	6,021277 ± 4,508007	0,005420

у одного – Lenke 6. Таким образом, 5 (38,46 %) пациентов имели структуральную проксимальную грудную дугу до операции, а 8 (61,54 %) – не имели. У 6 (46,15 %) пациентов с плечевым дисбалансом верхний уровень фиксации был выше Th₃ позвонка, а у 7 (53,84 %) – на уровне Th₃ и ниже.

Величина проксимальной дуги до операции составила в среднем $25,38^\circ \pm 15,89^\circ$, после операции – $14,51^\circ \pm 8,17^\circ$ ($p < 0,0001$), в отдаленном периоде – $14,29^\circ \pm 8,25^\circ$ ($p = 0,24$), значимой потери коррекции не отмечено. Величина основной грудной дуги до операции – $59,33^\circ \pm 20,76^\circ$, после операции – $20,09^\circ \pm 9,89^\circ$ ($p < 0,0001$), в отдаленном периоде – $20,87^\circ \pm 9,48^\circ$ ($p = 0,19$), потери коррекции не отмечено. Величина грудопоясничной дуги до операции – $47,20^\circ \pm 15,99^\circ$, после операции – $15,69^\circ \pm 8,66^\circ$ ($p < 0,0001$), в отдаленном периоде – $16,98^\circ \pm 7,60^\circ$ ($p = 0,01$), отмечается некоторая потеря коррекции за счет феномена дистального включения (Adding-on). Включение прилежащих позвонков в фиксированную дугу деформации выявили у 31 (32,98 %) пациента. Корреляционной взаимосвязи плечевого дисбаланса с развитием феномена дистального включения не было. Однако замечена взаимосвязь феномена дистального включения с самокоррекцией плечевого баланса ($r = 0,56$; $p < 0,005$; рис. 3).

Проксимальную грудную дугу не включали в зону спондилодеза у 60 пациентов, при этом среднее зна-

чение РТ до операции в этой группе составило $-18,85^\circ \pm 9,98^\circ$, после операции $-13,38^\circ \pm 6,52^\circ$ ($p < 0,0001$), спустя 12 мес. – $-12,78^\circ \pm 5,87^\circ$ ($p = 0,236$). Таким образом, отмечается спонтанная коррекция проксимальной дуги после фиксации более выраженных дуг деформации, при этом имеется некоторая спонтанная коррекция остаточной проксимальной дуги с течением времени.

Проведено сопоставление групп пациентов с СПД и без него, результаты сравнения представлены в табл. 2.

По демографическим показателям и исходным параметрам деформации не выявили статистически значимых отличий между пациентами с СПД и без него. В группе СПД больше пациентов со структуральной РТ до операции ($p = 0,041642$), а также эта группа характеризовалась большей абсолютной величиной остаточной РТ после коррекции ($p = 0,03$). Имеется прямая корреляционная взаимосвязь СПД с наличием симптома DRH на рентгенограммах после операции ($r = 0,75$; $p \leq 0,005$). По результатам логистического регрессионного анализа, DRH является значимым прогностическим фактором развития СПД, отношение шансов – 76,364, 95 % CI [9,013; 646,965], Chi square = 33,197, $p < 0,0001$. Регрессионная модель верно классифицирует 87,23 % случаев со специфичностью 86,40 % и чувствительностью 92,31 %.

Не обнаружили зависимости СПД от уровня фиксации, величины основ-

ной грудной и грудопоясничной дуг деформации, а также от исходных параметров плечевого пояса.

Обсуждение

Плечевой баланс является одним из важнейших критериев оценки пациентом и хирургом результатов хирургической коррекции идиопатического сколиоза. В литературе описано достаточно большое количество рентгенологических и клинических параметров оценки плечевого баланса. Наиболее воспроизводимыми из них являются наклон Th₁ позвонка, ключичный угол и рентгенологическая разница высоты ключиц. Для оценки выраженности дисбаланса предложено следующее деление: 0–1 см – отсутствие дисбаланса; 1–2 см – минимальный дисбаланс; 2–3 – выраженный дисбаланс; больше 3 см – грубый дисбаланс [3]. В исследовании Lee et al. [6] показано, что разница высоты надплечий более 2 см негативно сказывается на оценке пациентами результата операции. С учетом того, что минимальный дисбаланс редко беспокоит пациентов, для данного исследования критерием значимого плечевого дисбаланса был выбран уровень RSHD ≥ 2 см.

По данным литературы [14], удается выделить ряд факторов риска развития плечевого дисбаланса: более высокий тест Risser, структуральная РТ (типы дуг 2, 4 по Lenke), наклон Th₁ $> 5^\circ$, элевация левого плеча до операции,

Таблица 2

Сопоставление параметров, характеризующих пациентов со стойким плечевым дисбалансом и без него

Параметры	Наличие стойкого плечевого дисбаланса	Отсутствие стойкого плечевого дисбаланса	p
<i>До операции</i>			
Пол (М/Ж), n (%)	3 (23,08)/10 (76,92)	10 (12,35)/71 (87,65)	0,38
Возраст, лет	16,61540 ± 4,53759	18,00000 ± 6,54217	0,533741
Тип деформации по Lenke, n (%)	1-й – 3 (23,08); 2-й – 3 (23,08); 3-й – 3 (23,08), 4-й – 2 (15,39), 5-й – 1 (7,69), 6-й – 1 (7,69)	1-й – 34 (42,00), 2-й – 6 (7,40), 3-й – 15 (18,52), 4-й – 6 (7,41), 5-й – 10 (12,35), 6-й – 10 (12,35)	–
Наличие структуральной проксимальной грудной дуги, n (%)	5 (38,46)	12 (14,82)	0,041642
Проксимальная грудная дуга, град.	30,53846 ± 14,79648	24,55560 ± 15,99219	0,150538
Основная грудная дуга, град.	63,07692 ± 21,32863	58,72840 ± 20,74187	0,514512
Груднопоясничная дуга, град.	46,92310 ± 16,89409	47,24690 ± 15,94955	0,956311
Центральная крестцовая вертикальная линия позвонка C ₇ , мм	15,23080 ± 11,93143	15,55560 ± 11,71644	0,899671
Тест Risser	3,84620 ± 0,98710	3,77780 ± 1,43178	0,674837
Левое плечо выше, n (%)	3 (23,08)	13 (16,049)	0,4078
Наклон Th ₁ относительно горизонтальной линии, град.	1,076923 ± 9,205628	-1,962960 ± 0,926400	0,131812
Наклон Th ₁ относительно горизонтальной линии ≥5°, n (%)	5 (38,46)	17 (20,99)	0,16
Рентгенологическая разница высоты плеч, мм	4,92310 ± 4,40571	9,60490 ± 9,34970	0,082222
Ключичный угол, град.	1,38460 ± 1,12090	2,90120 ± 3,07654	0,073694
<i>После операции</i>			
Проксимальный верхний инструментируемый позвонок ≥Th ₃ , n (%)	6 (46,15)	29 (35,80)	0,54
Дистальный нижний инструментируемый позвонок ≥L ₂ , n (%)	9 (69,23)	38 (46,91)	0,2314
Проксимальная грудная дуга, град.	19,23080 ± 9,33768	13,75310 ± 7,76616	0,030672
Основная грудная дуга, град.	21,23080 ± 11,86840	19,91360 ± 9,61275	0,720852
Груднопоясничная дуга, град.	14,07690 ± 6,14358	15,95060 ± 9,00125	0,543894
Центральная крестцовая вертикальная линия позвонка C ₇ , мм	13,69230 ± 11,35330	21,38270 ± 18,15597	0,105564
Ключичный угол, град.	4,23080 ± 3,26991	2,90120 ± 2,44236	0,140576
Двойной реберный горб, n (%)	12 (92,00)	11 (13,58)	<0,0001
<i>Через 12 мес. после операции</i>			
Проксимальная грудная дуга, град.	17,57 ± 9,30	13,79 ± 8,00	0,176468
Основная грудная дуга, град.	21,50 ± 11,32	20,76 ± 9,26	0,704688
Груднопоясничная дуга, град.	14,71 ± 7,26	17,24 ± 7,59	0,344726
Центральная крестцовая вертикальная линия позвонка C ₇ , мм	9,79 ± 9,01	10,11 ± 9,27	0,712754
Ключичный угол, град.	4,57 ± 0,85	1,53 ± 1,52	<0,0001
Двойной реберный горб, n (%)	12 (92,00)	9 (11,11)	<0,0001

значительная разница коррекции дуг MT и TL. Большинство исследований, посвященных плечевому балансу, сфокусировано на оценке параметров деформации во фронтальной плоскости и фиксации проксимальной груд-

ной дуги деформации. К критериям структуральности РТ относятся величина дуги при функциональной пробе более 25° по Cobb, величина кифоза на уровне Th₂–Th₅ более 20°, значимая апикальная ротация (более I ст.

по Nash-Moe), апикальная трансляция более 1 см, переходный позвонок между MT и РТ расположен на уровне Th₆ и каудальнее, положительный наклон Th₁, элевация левого плеча [7]. По данным Li et al. [15], включение РТ в зону

спондилодеза при деформациях типа Lenke 2 позволяет исключить развитие плечевого дисбаланса. По результатам нашего исследования, СПД может развиваться в независимости от типа деформации по Lenke, даже при отсутствии структуральной РТ. У 8 (61,54 %) пациентов из группы СПД РТ до операции не являлась структуральной. Несомненным является тот факт, что наличие структуральной РТ более характерно для пациентов со СПД ($p = 0,041642$). Для пациентов со сбалансированным уровнем надплечий характерны меньшие абсолютные величины РТ после операции ($p = 0,030672$). Однако не выявлено значимых корреляционных взаимосвязей этих признаков и СПД. Таким образом, величина и структуральность РТ не могут с высокой вероятностью определить риск развития плечевого дисбаланса.

Ono et al. [4] предложили выделять медиальный и латеральный компоненты плечевого дисбаланса, при этом медиальная зона надплечий имеет высокую степень зависимости от рентгенологических параметров позвоночного в фронтальной плоскости (Th_1 tilt), в то время как латеральный компонент дисбаланса не имеет значимой корреляции с оцениваемыми параметрами позвоночника. Yang et al. [5] пришли к тем же выводам на основе анализа результатов лечения 79 пациентов со сколиозами Lenke 2. Авторы отмечают, что фиксация позвоночника до уровня Th_2 позволяет эффективно контролировать лишь медиальный компонент плечевого баланса, в то время как на латеральный компонент большее влияние оказывают предоперационные параметры плечевого пояса. Эlevation левого плеча не является показанием для фиксации до уровня Th_2 . Основным поводом для выбора высокого уровня фиксации является значительный наклон Th_1 , а целью – компенсация медиального плечевого дисбаланса [5], при этом предсказать послеоперационный латеральный плечевой баланс не удастся. В нашем исследовании у 6 (46,15 %) пациентов

с СПД спондилодез провели до уровня Th_2 и выше, что не позволило избежать развития плечевого дисбаланса.

Как видно из сказанного, большинство исследований, посвященных плечевому балансу, сфокусировано на деформациях типа Lenke 2, при которых наиболее часто выполняется селективная фиксация РТ и МТ, а дуга TL/L остается свободной. Компенсация плечевого дисбаланса при таком варианте достигается за счет включения дистальных позвонков в фиксированную дугу (рис. 3). В ряде публикаций установлена корреляция плечевого дисбаланса и дистального включения [13], что объясняет небольшое число пациентов с дисбалансом плечевого пояса в данных выборках. Однако, по нашим наблюдениям, дистальное включение может не только компенсировать плечевой дисбаланс, но и являться причиной его усиления. В случае левостороннего фронтального дисбаланса после операции при фиксированной РТ при самостоятельной коррекции фронтального дисбаланса происходит elevation левого плеча (рис. 4).

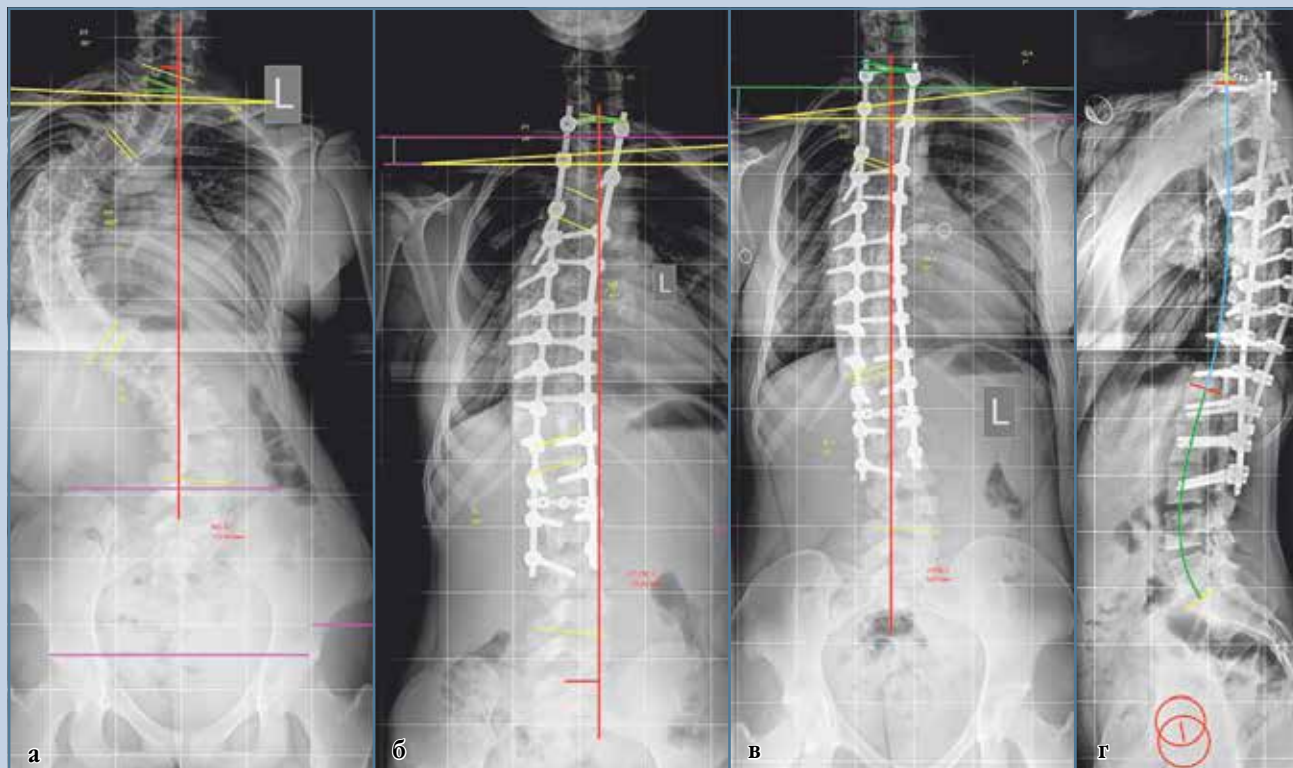
В литературе лишь небольшое количество работ описывает риск развития плечевого дисбаланса после коррекции различных типов идиопатических сколиозов. Bjerke et al. [11] исследовали влияние на послеоперационный плечевой баланс различных методов выбора верхнего инструментуемого позвонка (UIV) у 263 пациентов, анализировали методы выбора UIV, описанные Lenke [7], Ilharreborde [8] и Trobisch [9], при этом показали, что даже если выбор UIV согласовался со всеми описанными алгоритмами, существует риск развития плечевого дисбаланса. Кроме того, проведение фиксации проксимальной дуги значительно влияет на травматичность операции и повышает вероятность возникновения осложнений, связанных с поражением смежных сегментов. С учетом того факта, что иногда происходит спонтанная коррекция РТ после коррекции более выраженных дуг, в ряде случаев от фиксации проксимального грудного отдела це-

лесообразно отказаться [16]. Hong et al. [10] проанализировали влияние изменений плечевого баланса у 89 пациентов со всеми типами деформации по Lenke, при этом не выявили отличий в частоте развития дисбаланса плечевого пояса у пациентов с разными типами дуг и разным уровнем фиксации. Авторы отмечают возрастание риска дисбаланса при большой разнице коррекции дуг МТ и TL [10]. Необходимая степень коррекции сложно поддается прогнозированию и интраоперационной оценке. Таким образом, и по литературным, и по нашим данным не удастся выявить рентгенологический параметр на рентгенограммах, с высокой достоверностью определяющий развитие дисбаланса плечевого пояса после коррекции идиопатического сколиоза.

В то же время наиболее характерным паттерном СПД является наличие асимметрии проксимального и основного отделов грудной клетки. DRH выявили после коррекции по рентгенограммам, выполненным в боковой проекции ($r = 0,75$, $p \leq 0,005$), он значительно не изменялся в течение всего периода наблюдения у 92 % пациентов с СПД.

Заключение

Не только изменения позвоночника во фронтальной плоскости, но и вызванная деформацией позвоночника асимметрия реберного скелета грудной клетки влияет на баланс плечевого пояса. Включение в зону фиксации структуральной грудной дуги не исключает развития плечевого дисбаланса. Рентгенография, выполненная в переднезадней проекции, не позволяет оценить возможности компенсации баланса плечевого пояса после операции. Рентгенограммы в боковой проекции предоставляют данные о деформации грудной клетки, которая зачастую лежит в основе развития СПД. Предложенные нами рентгенологические параметры могут быть воспроизведены в условиях операционной, оснащенной рентгеновской установкой, что позволит хирургу предпринять меры для снижения

**Рис. 4**

Рентгенограммы, демонстрирующие усиление плечевого дисбаланса в отдаленном периоде: **а** – до операции наклон Th_1 относительно горизонтальной линии – -14° , депрессия левого надплечья (разница высоты плеч – 11 мм), ключичный угол – -3° ; **б** – после операции выполнена фиксация на уровне Th_1-L_3 , наклон Th_1 относительно горизонтальной линии – -9° , элевация левого надплечья (рентгенологическая разница высоты плеч = 21 мм), ключичный угол – 4° ; **в** – через 24 мес. после операции наклон Th_1 относительно горизонтальной линии – -9° , элевация левого надплечья (рентгенологическая разница высоты плеч – 26 мм), ключичный угол – 7° , прогрессирование плечевого дисбаланса, выравнивание центральной крестцовой вертикальной линии C_7 позвонка путем развития дистального включения; **г** – на боковой рентгенограмме выраженные признаки асимметрии грудной клетки (двойной реберный горб)

вероятности развития СПД после хирургической коррекции идиопатического сколиоза.

Ограничение исследования. Данное исследование является ретроспективным и базируется на данных, полученных из архивных материалов. Для анализа использовали рентгенограммы, выполненные в вертикальном положении пациента в после-

операционном периоде, поэтому полученные данные могут отличаться от интраоперационных, выполненных в горизонтальном положении. Для оценки эффективности предложенного критерия в интраоперационных условиях необходимо проведение проспективного исследования с оценкой интраоперационных рентгенограмм и сопоставление

их с послеоперационными и отдаленными результатами. Минимальный срок наблюдения составляет всего 12 мес., для оценки значимости оцениваемых показателей необходим более длительный период наблюдения.

Исследование не имело спонсорской поддержки. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Литература/References

1. Iwahara T, Imai M, Atsuta Y. Quantification of cosmesis for patients affected by adolescent idiopathic scoliosis. Eur Spine J. 1998;7:12–15. DOI: 10.1007/s005860050020.
2. Smith PL, Donaldson S, Hedden D, Alman B, Howard A, Stephens D, Wright JG. Parents' and patients' perceptions of postoperative appearance in adolescent idiopathic scoliosis. Spine. 2006;31:2367–2374. DOI: 10.1097/01.brs.0000240204.98960.dd.

3. Kuklo TR, Lenke LG, Graham EJ, Won DS, Sweet FA, Blanke KM, Bridwell KH. Correlation of radiographic, clinical, and patient assessment of shoulder balance following fusion versus nonfusion of the proximal thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 2002;27:2013–2020. DOI: 10.1097/00007632-200209150-00009.
4. Ono T, Bastrom TP, Newton PO. Defining 2 components of shoulder imbalance: clavicle tilt and trapezial prominence. *Spine*. 2012;37:E1511–1516. DOI: 10.1097/BRS.0b013e31826e2bbb.
5. Yang H, Im GH, Hu B, Wang L, Zhou C, Liu L, Song Y. Shoulder balance in Lenke type 2 adolescent idiopathic scoliosis: Should we fuse to the second thoracic vertebra? *Clin Neurol Neurosurg*. 2017;163:156–162. DOI: 10.1016/j.clineuro.2017.10.036.
6. Lee CK, Denis F, Winter RB, Lonstein JE. Analysis of the upper thoracic curve in surgically treated idiopathic scoliosis. A new concept of the double thoracic curve pattern. *Spine*. 1993;18:1599–1608. DOI: 10.1097/00007632-199309000-00006.
7. Lenke LG, Bridwell KH, O'Brien MF, Baldus C, Blanke K. Recognition and treatment of the proximal thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis treated with Cotrel-Dubousset instrumentation. *Spine*. 1994;19:1589–1597. DOI: 10.1097/00007632-199407001-00007.
8. Ilharreborde B, Even J, Lefevre Y, Fitoussi F, Presedo A, Souchet P, Penne G, Mazda K. How to determine the upper level of instrumentation in Lenke types 1 and 2 adolescent idiopathic scoliosis: a prospective study of 132 patients. *J Pediatr Orthop*. 2008;28:733–739. DOI: 10.1097/BPO.0b013e318185a36b.
9. Trobisch PD, Ducoffe AR, Lonner BS, Errico TJ. Choosing fusion levels in adolescent idiopathic scoliosis. *J Am Acad Orthop Surg*. 2013;21:519–528. DOI: 10.5435/JAOS-21-09-519.
10. Hong JY, Suh SW, Modi HN, Yang JH, Park SY. Analysis of factors that affect shoulder balance after correction surgery in scoliosis: a global analysis of all the curvature types. *Eur Spine J*. 2013;22:1273–1285. DOI: 10.1007/s00586-013-2697-5.
11. Bjerke BT, Cheung ZB, Shifflett GD, Iyer S, Derman PB, Cunningham ME. Do current recommendations for upper instrumented vertebra predict shoulder imbalance? An attempted validation of level selection for adolescent idiopathic scoliosis. *HSS J*. 2015;11:216–222. DOI: 10.1007/s11420-015-9451-y.
12. Lenke LG, Betz RR, Hafer TR, Lapp MA, Merola AA, Harms J, Shufflebarger HL. Multisurgeon assessment of surgical decision-making in adolescent idiopathic scoliosis: curve classification, operative approach, and fusion levels. *Spine*. 2001;26:2347–2353. DOI: 10.1097/00007632-200111010-00011.
13. Cao K, Watanabe K, Hosogane N, Toyama Y, Yonezawa I, Machida M, Yagi M, Kaneko S, Kawakami N, Tsuji T, Matsumoto M. Association of postoperative shoulder balance with adding-on in Lenke Type II adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 2014;39:E705–712. DOI: 10.1097/BRS.0000000000000325.
14. Lee CS, Hwang CJ, Lim EJ, Lee DH, Cho JH. A retrospective study to reveal factors associated with postoperative shoulder imbalance in patients with adolescent idiopathic scoliosis with double thoracic curve. *J Neurosurg Pediatr*. 2016;25:744–752. DOI: 10.3171/2016.6.PEDS16162.
15. Li M, Gu S, Ni J, Fang X, Zhu X, Zhang Z. Shoulder balance after surgery in patients with Lenke Type 2 scoliosis corrected with the segmental pedicle screw technique. *J Neurosurg Spine*. 2009;10:214–219. DOI: 10.3171/2008.11.SPINE08524.
16. Kuklo TR, Lenke LG, Won DS, Graham EJ, Sweet FA, Betz RR, Bridwell KH, Blanke KM. Spontaneous proximal thoracic curve correction after isolated fusion of the main thoracic curve in adolescent idiopathic scoliosis. *Spine*. 2001;26:1966–1975. DOI: 10.1097/00007632-200109150-00006.

Адрес для переписки:

Алейник Александр Яковлевич
603950, Россия, Нижний Новгород,
пл. Минина и Пожарского, 10/1,
Приволжский исследовательский медицинский университет,
aaleynik@yandex.ru

Address correspondence to:

Aleynik Alexandr Yakovlevich
Privolzhsky Research Medical University,
Minina I Pozharskogo square, 10/1, Nizhny Novgorod 603950, Russia,
aaleynik@yandex.ru

Статья поступила в редакцию 31.01.2019

Рецензирование пройдено 24.06.2019

Подписано в печать 01.07.2019

Received 31.01.2019

Review completed 24.06.2019

Passed for printing 01.07.2019

Александр Яковлевич Алейник, канд. мед. наук, врач-нейрохирург нейрохирургического отделения института травматологии и ортопедии, Приволжский исследовательский медицинский университет, 603950, Россия, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, 10/1, ORCID: 0000-0002-1761-1022, aaleynik@yandex.ru;

Сергей Геннадьевич Млявух, канд. мед. наук, нейрохирург, руководитель института травматологии и ортопедии, университетская клиника, Приволжский исследовательский медицинский университет, 603950, Россия, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, 10/1, ORCID: 0000-0002-6310-4961, spinedoc@bk.ru;

Андрей Евгеньевич Бокков, канд. мед. наук, нейрохирург, заведующий нейрохирургическим отделением института травматологии и ортопедии, Приволжский исследовательский медицинский университет, 603950, Россия, Нижний Новгород, пл. Минина и Пожарского, 10/1, ORCID: 0000-0002-5203-0717, andrei_bokov@mail.ru.

Alexandr Yakovlevich Aleynik, MD, PhD, neurosurgeon, Neurosurgery department, Research Institute of Traumatology and Orthopedics, University Clinic, Privolzhsky Research Medical University, Minina I Pozharskogo square, 10/1, Nizhny Novgorod 603950, Russia, ORCID: 0000-0002-1761-1022, aaleynik@yandex.ru;
Sergey Gennadievich Mlyavukh, MD, PhD, neurosurgeon, Head of the Research Institute of Traumatology and Orthopedics, University Clinic, Privolzhsky Research Medical University, Minina I Pozharskogo square, 10/1, Nizhny Novgorod 603950, Russia, ORCID: 0000-0002-6310-4961, serg.mlyavukh@gmail.com;

Andrey Evgenievich Bokov, MD, PhD, neurosurgeon, Head of Neurosurgery department, Research Institute of Traumatology and Orthopedics, University Clinic, Privolzhsky Research Medical University, Minina I Pozharskogo square, 10/1, Nizhny Novgorod 603950, Russia, ORCID: 0000-0002-5203-0717, andrei_bokov@mail.ru.